

Rec'd PCT/PTO 01 FEB 2005

#3
PCT/JP03/09821

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

10.09.03

10/522902

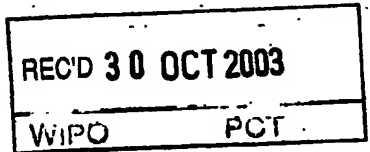
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年 8月 2日

出願番号
Application Number: 特願2002-225860
[ST. 10/C]: [JP 2002-225860]

出願人
Applicant(s): 矢崎総業株式会社

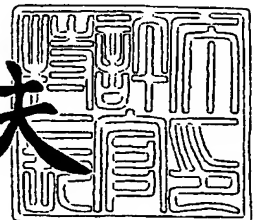


PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年10月17日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 P84692-79

【提出日】 平成14年 8月 2日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01B 13/00

【発明の名称】 線材パッキング算出方法及びその装置

【請求項の数】 7

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都文京区本郷 7 丁目 3 番 1 号 東京大学内

 【氏名】 杉原 厚吉

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県湖西市鷺津 2 4 6 4 ー 4 8 矢崎部品株式会社内

 【氏名】 澤井 正義

【特許出願人】

 【識別番号】 000006895

 【氏名又は名称】 矢崎総業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100060690

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 瀧野 秀雄

 【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

 【識別番号】 100097858

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 越智 浩史

 【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100108017

【弁理士】

【氏名又は名称】 松村 貞男

【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100075421

【弁理士】

【氏名又は名称】 垣内 勇

【電話番号】 03-5421-2331

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012450

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004350

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 線材パッキング算出方法及びその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コンピュータを用いて、複数の線材を互いに重ならないようにできるだけ小さい円形状に束ねてパッキングしてその外径を取得するための算出方法であって、

前記複数の線材の断面形状をそれぞれの外形に対応した直径を有する複数の円とみなして、平面上に互いに重ならないように配置される前記複数の円を包含する包含円を想定する包含円想定工程と、

前記包含円と同じ中心を有し、かつこの包含円より少し小さく、少なくとも、前記複数の円のうちのひとつがはみ出だす目標円を定める目標円定義工程と、

前記目標円からはみ出している円を挿込試行円とし、前記挿込試行円以外の前記複数の円が、互いに重なることなく前記目標円内でできるだけ遠くに移動可能な位置を探索する探索工程と、

前記探索工程による探索結果に基づいて前記複数の円を配置変更することによりできる前記目標円内のスペースに前記挿込試行円を挿し込む挿込工程と、

前記挿込試行円のすべてが前記目標円内に挿し込まれた場合には、現在よりも少し小さく、かつ前記挿込試行円を有する新たな前記目標円を定め、前記探索工程に戻る第 1 探索制御工程、を含み、

前記目標円定義工程、前記探索工程、前記挿込工程及び前記第 1 探索制御工程を繰り返し実行することにより、前記包含円を徐々に小さくしていく、

ことを特徴とする線材パッキング算出方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の線材パッキング算出方法において、前記探索工程では、

前記挿込試行円及び前記複数の円のうちのひとつを除いた円群と、前記目標円と、で円ボロノイ図を作成し、前記円ボロノイ図における各境界辺を形成する両側円に接する前記ひとつの円の中心が、前記境界辺上にあるか否かを前記挿込試行円以外の前記複数の円に対して調べていくことにより、これらの円が前記目標円内で移動可能である位置を探索する、

ことを特徴とする線材パッキング算出方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は請求項 2 記載の線材パッキング算出方法において、

前記目標円定義工程、前記探索工程、前記挿込工程及び前記第 1 探索制御工程と共に繰り返し実行され、

前記挿込試行円の挿し込みが不可能である場合には、前記包含円と現在の前記目標円との中間的な大きさであって、かつ前記挿込試行円を有する他の新たな前記目標円を定め、前記探索工程に戻る第 2 探索制御工程、

を更に含むことを特徴とする線材パッキング算出方法。

【請求項 4】 複数の線材を互いに重ならないようにできるだけ小さい円形状に束ねてパッキングしてその外径を算出するための装置であって、

前記複数の線材の断面形状をそれぞれの外形に対応した直径を有する複数の円とみなして、平面上に互いに重ならないように配置される前記複数の円を包含する包含円を想定する包含円想定手段と、

前記包含円と同じ中心を有し、かつこの包含円より少し小さく、少なくとも、前記複数の円のうちのひとつがはみ出だす目標円を定める目標円定義手段と、

前記目標円からはみ出している円を挿込試行円とし、前記挿込試行円以外の前記複数の円が、互いに重なることなく前記目標円内でできるだけ遠くに移動可能な位置を探索する探索手段と、

前記探索手段による探索結果に基づいて前記複数の円を配置変更することによりできる前記目標円内のスペースに前記挿込試行円を挿し込む挿込手段と、

前記挿込試行円のすべてが前記目標円内に挿し込まれた場合には、現在よりも少し小さく、かつ前記挿込試行円を有する新たな前記目標円を定め、前記探索手段による探索を行わせる第 1 探索制御手段と、

前記複数の線材に関する初期情報を入力する入力手段と、

少なくとも、前記包含円の外径を出力する出力手段と、

を含むことを特徴とする線材パッキング算出装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の線材パッキング算出装置において、前記出力手段は、

前記包含円及び前記複数の円のそれぞれの位置情報も出力する、
ことを特徴とする線材パッキング算出装置。

【請求項6】 請求項4又は請求項5記載の線材パッキング算出装置において、

前記探索手段は、

前記挿込試行円及び前記複数の円のうちのひとつを除いた円群と、前記目標円と、で円ボロノイ図を作成し、前記円ボロノイ図における各境界辺を形成する両側円に接する前記ひとつの円の中心が、前記境界辺上にあるか否かを前記挿込試行円以外の前記複数の円に対して調べていくことにより、これらの円が前記目標円内で移動可能である位置を探索する第2探索手段、

を含むことを特徴とするパッキング算出装置。

【請求項7】 請求項4、請求項5、又は請求項6記載の線材パッキング算出装置において、

前記挿込試行円の挿し込みが不可能である場合には、前記包含円と現在の前記目標円との中間的な大きさであって、かつ前記挿込試行円を有する他の新たな前記目標円を定めたうえで、前記探索手段による探索を行わせる第2探索制御手段、

を更に含むことを特徴とする線材パッキング算出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コンピュータを用いて、複数の線材をできるだけ小さい円形状に束ねてパッキングしてその外径を取得するための算出方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

車両や屋内には、複数の電線等の線材が束ねられて構成され、電子機器、電子部品等を電氣的に接続するワイヤーハーネスとよばれるワイヤー様構造物が配策されている。このようなワイヤーハーネスは、近年、スペース効率向上等の観点から、電氣的特性を低下させず、かつできるだけコンパクトなものが求められて

いる。これにともない、設計段階において、より正確にワイヤーハーネスの外径を計算する必要がでてくるが、従来、その計算は、経験や以下に示す算出方法により行われていたのみであり、特に、有効な算出方法は提案されていなかった。

【0003】

以下に、図8を用いて、従来のワイヤーハーネスの外径の算出方法による問題点を示す。図8(a)は比較的少ない線材で構成されるワイヤーハーネスを示し、図8(b)は比較的多い線材で構成されるワイヤーハーネスを示す図である。

【0004】

従来の算出方法においては、図8(a)に示すように、 n 本の線材 a_i が与えられた時、これら線材 a_i 及びこれら線材 a_i で構成されるワイヤーハーネス10の断面を円形とみなし、これら線材 a_i で構成されるワイヤーハーネス10の直径 L を、

$$\pi L^2 / 4 = K \Sigma (\pi l_i^2 / 4) \text{ という式に基づき求める。}$$

ここで、 l_i は線材 a_i の直径を示し、 K はすきま係数を示す。上記すきま係数 K は、様々な線材の数や配置にそれぞれ適合するようにそれぞれ求めるのは困難であるため、ワイヤーハーネス10を構成する線材の数や配置によらず、すべての場合に対して常に一定の値が用いられる。

【0005】

ところが、図8(a)及び図8(b)に示すように、同等の直径 L をもつワイヤーハーネスでも、構成される線材 a_i 、 a'_i の数や配置によって、それらのすきま l_1 、 l_1' の面積は異なることは明らかである。それにも拘わらず、上記のように常に一定の値のすきま係数 K を用いてその直径 L を求めると、その値は不正確なものになってしまい、実用的ではなかった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

このように、従来、任意の数の線材で構成されるワイヤーハーネスの外径を求めるための実用的な方法はなく、いうまでもなく、それらをできるだけ小さい円形状に束ねてパッキングした際のワイヤーハーネスの外径を取得するための有効な算出方法もなかった。

【0007】

よって本発明は、上述した現状に鑑み、任意の数の複数の線材をできるだけ小さい円形状に束ねてパッキングしてその外径を取得するために有効な算出方法及びその装置を提供することを課題としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するためになされた請求項1記載の線材パッキング算出方法は、コンピュータを用いて、複数の線材を互いに重ならないようにできるだけ小さい円形状に束ねてパッキングしてその外径を取得するための算出方法であって、前記複数の線材の断面形状をそれぞれの外形に対応した直径を有する複数の円とみなして、平面上に互いに重ならないように配置される前記複数の円を包含する包含円を想定する包含円想定工程と、前記包含円と同じ中心を有し、かつこの包含円より少し小さく、少なくとも、前記複数の円のうちのひとつがはみ出だす目標円を定める目標円定義工程と、前記目標円からはみ出している円を挿込試行円とし、前記挿込試行円以外の前記複数の円が、互いに重なることなく前記目標円内でできるだけ遠くに移動可能な位置を探索する探索工程と、前記探索工程による探索結果に基づいて前記複数の円を配置変更することによりできる前記目標円内のスペースに前記挿込試行円を挿し込む挿込工程と、前記挿込試行円のすべてが前記目標円内に挿し込まれた場合には、現在よりも少し小さく、かつ前記挿込試行円を有する新たな前記目標円を定めたとうえで、前記探索工程に戻る第1探索制御工程、を含み、前記目標円定義工程、前記探索工程、前記挿込工程及び前記第1探索制御工程を繰り返し実行することにより、前記包含円を徐々に小さくしていく、ことを特徴とする。

【0009】

請求項1記載の発明によれば、コンピュータを用いて、上記目標円定義工程、探索工程、挿込工程及び第1探索制御工程を繰り返し実行することにより、複数の線材の包含円を徐々に小さくしていく。これにより、複数の線材を囲む円の外径が効率的に取得される。

【0010】

上記課題を解決するためになされた請求項 2 記載の線材パッキング算出方法は、請求項 1 記載の線材パッキング算出方法において、前記探索工程では、前記挿込試行円及び前記複数の円のうちのひとつを除いた円群と、前記目標円と、で円ボロノイ図を作成し、前記円ボロノイ図における各境界辺を形成する両側円に接する前記ひとつの円の中心が、前記境界辺上にあるか否かを前記挿込試行円以外の前記複数の円に対して調べていくことにより、これらの円が前記目標円内で移動可能である位置を探索する、ことを特徴とする。

【0011】

請求項 2 記載の発明によれば、円ボロノイ図を利用することにより、挿込試行円の移動候補位置探索が非常に簡便化される。

【0012】

上記課題を解決するためになされた請求項 3 記載の線材パッキング算出方法は、請求項 1 又は請求項 2 記載の線材パッキング算出方法において、前記目標円定義工程、前記探索工程、前記挿込工程及び前記第 1 探索制御工程と共に繰り返し実行され、前記挿込試行円の挿し込みが不可能である場合には、前記包含円と現在の前記目標円との中間的な大きさであって、かつ前記挿込試行円を有する他の新たな前記目標円を定めたうえで、前記探索工程に戻る第 2 探索制御工程、を更に含むことを特徴とする。

【0013】

請求項 3 記載の発明によれば、挿込試行円の挿し込みが不可能である場合には、包含円と現在の目標円との中間的な大きさの目標円を定めたうえで、探索工程に戻る第 2 探索制御工程を更に含むことにより、複数の線材を囲む円の外径がより効率的に取得される。

【0014】

上記課題を解決するためになされた請求項 4 記載の線材パッキング算出装置は、複数の線材を互いに重ならないようにできるだけ小さい円形状に束ねてパッキングしてその外径を算出するための装置であって、前記複数の線材の断面形状をそれぞれの外形に対応した直径を有する複数の円とみなして、平面上に互いに重ならないように配置される前記複数の円を包含する包含円を想定する包含円想定

手段と、前記包含円と同じ中心を有し、かつこの包含円より少し小さく、少なくとも、前記複数の円のうちのひとつがはみ出だす目標円を定める目標円定義手段と、前記目標円からはみ出している円を挿込試行円とし、前記挿込試行円以外の前記複数の円が、互いに重なることなく前記目標円内でできるだけ遠くに移動可能な位置を探索する探索手段と、前記探索手段による探索結果に基づいて前記複数の円を配置変更することによりできる前記目標円内のスペースに前記挿込試行円を挿し込む挿込手段と、前記挿込試行円のすべてが前記目標円内に挿し込まれた場合には、現在よりも少し小さく、かつ前記挿込試行円を有する新たな前記目標円を定め、前記探索手段による探索を行わせる第1探索制御手段と、前記複数の線材に関する初期情報を入力する入力手段と、少なくとも、前記包含円の外径を出力する出力手段と、を含むことを特徴とする。

【0015】

請求項4記載の発明によれば、入力手段にて複数の線材に関する初期情報を入力し、目標円定義手段、探索手段、挿込手段及び第1探索制御手段にて、徐々に複数の線材の包含円を小さくしていき、出力手段にてその包含円の外径を出力する。これにより、複数の線材を囲む円の外径が効率的に取得される。

【0016】

上記課題を解決するためになされた請求項5記載の線材パッキング算出装置は、請求項4記載の線材パッキング算出装置において、前記出力手段5が、前記包含円及び前記複数の円のそれぞれの位置情報も出力する、ことを特徴とする。

【0017】

請求項5記載の発明によれば、包含円及び複数の円のそれぞれの位置情報も出力されるので、複数の線材の配置も含めて、それらを囲む円の外径が効率的に取得される。

【0018】

上記課題を解決するためになされた請求項6記載の線材パッキング算出装置は、請求項4又は請求項5記載の線材パッキング算出装置において、前記探索手段が、前記挿込試行円及び前記複数の円のうちのひとつを除いた円群と、前記目標円と、で円ボロノイ図を作成し、前記円ボロノイ図における各境界辺を形成する

両側円に接する前記ひとつの円の中心が、前記境界辺上にあるか否かを前記挿込試行円以外の前記複数の円に対して調べていくことにより、これらの円が前記目標円内で移動可能である位置を探索する第2探索手段、を含むことを特徴とする。

【0019】

請求項6記載の発明によれば、第2探索手段にて円ボロノイ図を利用することにより、挿込試行円の移動候補位置探索が非常に簡便化される。

【0020】

上記課題を解決するためになされた請求項7記載の線材パッキング算出装置は、請求項4、請求項5、又は請求項6記載の線材パッキング算出装置において、前記挿込試行円の挿し込みが不可能である場合には、前記包含円と現在の前記目標円との中間的な大きさであって、かつ前記挿込試行円を有する他の新たな前記目標円を定め、前記探索手段による探索を行わせる第2探索制御手段、を更に含むことを特徴とする。

【0021】

請求項7記載の発明によれば、第2探索制御手段にて挿込試行円の挿し込みが不可能である場合には、包含円と現在の目標円との中間的な大きさの目標円を定め、探索手段による探索を再度行わせることにより、複数の線材を囲む円の外径がより効率的に取得される。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

まず、図1を用いて、本線材パッキング算出方法を実現するためのハードウェア構成を説明する。図1は、本発明の算出方法及びその装置を実現するためのハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

【0023】

図1に示すように、そのハードウェア構成は、公知のパーソナルコンピュータや汎用コンピュータ等で実現される。このコンピュータは、入力装置1、I/O（入出力インターフェース回路）2、CPU（Central Processing Unit）3、

メモリ 4 及び出力装置 5 を含んで構成される。入力装置 1、メモリ 4 及び出力装置 5 は、I/O 2 等を介して、CPU 3 に電氣的に接続されている。

【0024】

入力装置 1 は、後述の処理においてその入力データを投入するのに用いられる、例えば、キーボードやマウスデバイスである。CPU 3 は、入力装置 1 や出力装置 5 等を制御するための制御部 31 及び後述の本算出方法に係る処理をメモリ 4 に格納されるプログラムにしたがって行う演算部 32 を含んでいる。

【0025】

メモリ 4 は、後述の後述の本算出方法に係る各処理に対応するプログラム等を格納するプログラムメモリ 41 及び CPU 3 が行う各種処理のための作業領域が割り当てられた演算用メモリ 42 を含んでいる。そして、出力装置 5 は、CPU 3 が行った処理結果を出力する、例えば、モニタディスプレイや印字装置である。

【0026】

次に、図 2～図 7 を用いて、本発明の算出方法の一実施形態に係る処理手順について説明する。そこで、まず、図 2 を用いて、本算出方法の基本処理手順について説明する。図 2 は、本発明の算出方法の一実施形態に係る基本処理手順を示すフローチャートである。

【0027】

本算出方法では、ワイヤーハーネスを構成する複数の線材の断面形状をそれぞれの外形に対応した直径を有する複数の円とみなし、これら円を断面にもつ n 本の円柱を束ねた時、その全体を囲む格納されう円の大きさを調べるという問題に帰着させる。実際的には、上記コンピュータを用いて、複数の線材をできるだけ小さい円形状に束ねてパッキングしてその外径を取得するための有効な算出方法を考える。

【0028】

図 2 に示す基本処理においては、入力情報としては、ワイヤーハーネスを構成する電線等の複数の線材の断面形状をそれぞれの外形に対応した n 個の円 c_1 、 c_2 、 \dots 、 c_n の半径 r_1 、 r_2 、 \dots 、 r_n 、1 より小さくて十分 1 に近い数 p 、例

えば、 $p = 0.95$ 、及び十分小さい正数である終了基準値 ϵ 、例えば、終了基準値 $\epsilon = \min((r_1, r_2, \dots, r_n) / 100)$ が与えられる。

【0029】

また、出力情報としては、 n 個の円 c_1, c_2, \dots, c_n を互いに重ならないように詰め込める、なるべく小さい円の半径 R 、及びこのときの円 C 、円 c_1, c_2, \dots, c_n の位置情報が出力される。

【0030】

このため、図 2 に示すステップ S1 においては、まず、円 c_1, c_2, \dots, c_n を互いに重ならないように平面上に配置し、それらを囲む大円、すなわち包含円 C を見つける。

【0031】

次に、ステップ S2、ステップ S3 及びステップ S4 においては、上記包含円 C と同じ中心を持ち、半径が包含円 C の上記 p 倍である円、すなわち、目標円 D を定める。すなわち、ステップ S2、ステップ S3 の N 及びステップ S4 からなるループでは、包含円 C と同じ中心を有し、かつこの包含円 C より少し小さく、少なくとも、複数の円 c_1, c_2, \dots, c_n のうちのひとつが包含円 D からはみ出だすような目標円 D を定める。なお、以下の処理過程では、円 c_1, c_2, \dots, c_n が目標円 D の中に入るように配置を変更していく。

【0032】

次に、ステップ S5 においては、探索挿込処理を行う。すなわち、ここでは、目標円 D からはみ出している任意のひとつの円 c_i から、距離の大きい順に円 c_i 以外の円を取り出し、より遠くへ置けるものはできるだけ遠くへ移動させ、そのような移動ができない場合は現位置に残す。そして、このような移動によりできたスペースにひとつのこの円 c_i を移動する、すなわち、挿し込むことを試みる。なお、このステップ S3 の処理については、図 4～図 7 を用いて後で説明を加える。

【0033】

次に、ステップ S6 においては、上記ステップ S5 における円 c_i の挿し込みが成功したか否かを判定し、成功の場合はステップ S3 に戻り（ステップ S6 の

Y)、さもなければステップS 7に進む(ステップS 6のN)。ステップS 3に戻ると、他にはみ出している円があるか否を判定し、これがあればこのはみ出している円に対して再度ステップS 5の探索挿込処理を行い、なければステップS 4に進んで上記と同様の処理を行うことになる。

【0034】

一方、ステップS 7においては、上記包含円Cと挿込みが成功しなかった上記目標円Dとの中間の大きさの円を、新たに目標円Dに定める。次に、ステップS 8において、上記ステップS 7の処理に用いられた包含円及び目標円Dのそれぞれの半径の差が上記終了基準値 ϵ 以下か否かを判定し、この差が終了基準値 ϵ より大きければ上記ステップS 3に戻り上記と同様の処理を繰り返し(ステップS 8のN)、この差が終了基準値 ϵ 以下であればステップS 9に進む(ステップS 8のY)。

【0035】

ステップS 9においては、この包含円Cの半径を最終的な、ワイヤーハーネスの半径Rとしてこれを出力装置5に出力する。また、このときの包含円C及び各円 c_1 、 c_2 、…、 c_n の位置情報も出力装置5に出力する。これら出力は、モニタディスプレイ上であってもよいし、紙上への印字であってもよい。なお、上記 p 及び終了基準値 ϵ を適宜、若干変更してもよい。

【0036】

上記処理手順による各円のふるまいを図3を用いて示す。図3は、図2の処理手順によるふるまいを示す図であり、特に、図3(a)は初期状態を示し、図3(b)は目標円からはみ出した挿込試行円を示し、図3(c)は図3(b)の挿込試行円を目標円の内部に挿し込んだ様子を示し、そして、図3(d)は最終結果を示す図である。

【0037】

図3(a)においては、与えられた n 個の円 c_i の初期配置と、それらを囲む包含円Cが示されている。図3(b)においては、処理の途中の状態が示され、現在得られている包含円Cより少し小さい目標円D、及びこの目標円Dからはみ出す円のひとつであり、挿し込みが試行される挿込試行円 c_n が示されている。

【0038】

また、図3(c)においては、図3(b)で示した挿込試行円 c_n に対して、図2に示したステップS5の探索挿込処理が施されたあとの状態が示されている。なお、図3(c)中、円 m_i (粗斜線を囲む円群)は、上記探索挿込処理において挿込試行円 c_n を挿し込むために移動した移動円群を示している。なお、この図からわかるように、他のはみ出している円も、挿込試行円 c_n の挿込処理の過程で、目標円Dに入ることもある。そして、図3(d)においては、すべてのはみだしている円に対して、挿込処理が行われた結果が示されている。

【0039】

このように、ワイヤーハーネスを構成する複数の線材を、包含円からはみ出している線材からできるだけ遠くに配置変更し、これによりできたスペースにはみ出している線材を挿し込むという操作を繰り返し計算することにより、複数の線材を囲むワイヤーハーネスの外径が効率的に取得される。

【0040】

次に、上記図2のステップS5の探索挿込処理について、図4を用いて説明を加える。図4は、図2における探索挿込処理を示すフローチャートである。

【0041】

図4に示す探索挿込処理においては、入力情報として、 n 個の円 c_i の半径 r_i と、それらの中心 (x_i, y_i) 、 $i=1, 2, \dots, n$ 、及び目標円Dが与えられる。但し、 n 個の円 c_i は互いに重なることはなく、また最後の円 c_n は目標円Dからはみ出しているとする。なお、この他にもはみ出している円があってもよい。

【0042】

また、出力情報としては、既に目標円D内に入っている円をこの目標円Dからはみ出させることなく、最後の円 c_n を目標円D内へ挿し込むことができるなら成功結果としてそれを実現する n 個の円の中心位置が出力され、できないなら失敗結果としてその旨示すメッセージが出力される。

【0043】

まず、探索挿込処理のステップS51においては、 n 個の円 c_i を、上記最後

の円 c_n から遠い順に並べ替える。この順は、詳しくは、 n 個の円 c_i のそれぞれの中心と、最後の円 c_n の中心と、の距離に基づく。そして、ここで、並び替えた結果の円番号を、簡単のために、新ためて c_1 、 c_2 、 \dots 、 c_n とする。なお、以下、この最後の円を挿込試行円とよぶ。

【0044】

次に、 $i = 1, 2, \dots, n-1$ に対して、ステップ S 5 2 ～ステップ S 5 4 a (又はステップ S 5 4 b) に示す処理を行う。ステップ S 5 2 においては、探索処理を行う。すなわち、円 c_i が、目標円 D 内で他の円と重ならず移動可能な移動候補位置を探索する。詳しくは、この探索処理では、図 5 に示す第 1 探索処理、又は図 6 に示す第 2 探索処理が行われる。第 1 探索処理では、円 c_i が目標円 D 内で他の円と重ならず、現在の円 c_i の位置より、挿込試行円 c_n から遠くなるような移動候補位置を探索する。また、図 6 に示す第 2 探索処理では、円ボロノイ図の概念を用いて、円 c_i が目標円 D 内で他の円と重ならず移動可能な移動候補位置を探索する。これらについては後述する。

【0045】

そして、ステップ S 5 3 及びステップ S 5 4 a、ステップ S 5 4 b においては、上記探索処理にて移動候補位置があればその中で挿込試行円 c_n から最も遠い位置へ円 c_i を移動し (ステップ S 5 3 の Y、ステップ S 5 4 a)、移動候補位置がなければ円 c_i を現在位置に残す (ステップ S 5 3 の N、ステップ S 5 4 b)。このような処理が、 $i = 1, 2, \dots, n-1$ に対して行われた後、ステップ S 5 5 に進む。なお、上記ステップ S 5 2 ～ステップ S 5 4 が請求項の探索工程に対応している。

【0046】

次に、ステップ S 5 5 においては、上記ステップ S 5 2 ～ステップ S 5 4 a (又はステップ S 5 4 b) からなるループ処理にてできた目標円 D 内のスペースに対しての、挿込試行円 c_n の挿し込みを試行する。

【0047】

そして、ステップ S 5 6 及びステップ S 5 7 a、ステップ S 5 7 b においては、上記挿し込みの試行により挿し込みが成功すれば、挿込試行円 c_n をそこへ移

動し（ステップS 5 6 のY、ステップS 5 7 a）、挿し込みができなければ、その旨示すメッセージを出力する（ステップS 5 6 のN、ステップS 5 7 b）。なお、上記成功時には、それを実現する n 個の円の中心位置が出力される。そして、これらステップS 5 1～ステップS 5 6 a（又はステップS 5 6 b）からなる一連の処理が終了すれば、図2に示すこれに続く処理に戻る。

【0048】

更に、図5及び図6を用いて、上記探索処理の2例について説明を加える。まず、第1探索処理を図5を用いて説明する。図5は、第1探索処理を示すフローチャートである。

【0049】

図5の第1探索処理においては、 n 個の円 c_i を移動するスペースがあった時、上記挿込試行円 c_n から最も遠くへ移動した状態では、円 c_i は2つの円に接しているはずであるということに着目している。但し、この接する2つの円のうちのひとは、上記目標円Dの場合もある。そこで、ここでは、与えられた n 個の円 c_i と目標円Dの全体がなす集合を $S = \{c_1, c_2, \dots, c_n, D\}$ とおく。そして、円 c_i 以外の全ての2つの円 $c_j, c_k \in S$ に対して、以下のステップS 5 2 1～ステップS 5 2 9に示す処理を行う。

【0050】

まず、ステップS 5 2 1においては、半径 r_i の円 c_i が、円 c_j と円 c_k の両方に接する位置を探す。但し、円 c_j 又は円 c_k が目標円D以外の円なら外側から接し、目標円Dなら内側から接するものとする。そのような位置は、高々、2個しかなく、その場合の中心をそれぞれ (x'_i, y'_i) 、 (x''_i, y''_i) とする。

【0051】

次に、ステップS 5 2 2においては、上記2個のうちの一方の位置に移動させると、円 c_i は現在位置よりも挿込試行円 C_n から遠くなるか否かを判定する。すなわち、一方の中心 (x'_i, y'_i) から挿込試行円 C_n の中心までの距離 X' と、現在位置の円 c_i の中心から挿込試行円 C_n の中心までの距離 X と、を比較し、距離 X' が距離 X より大きければステップS 5 2 3に進み（ステップS 5 2 2

のY)、さもないければ後述するステップS526に進む(ステップS522のN)。

【0052】

ステップS523においては、円 c_i 、円 c_j 、円 c_k 及び目標円D以外の全ての円に対して、半径 r_i の円 c_i を上記中心 (x'_i, y'_i) に置いた時、重なるか否かを調べ、その重なりをステップS524において判定する。ここで、どの円とも重ならないと判定されればステップS525に進み(ステップS524のN)、ステップS525において上記中心 (x'_i, y'_i) を円 c_i の移動候補位置のひとつに加え、さもないければステップS526に進む(ステップS524のY)。

【0053】

更に、上記一方の中心 (x'_i, y'_i) を他方の中心 (x''_i, y''_i) に置き換えて、上記ステップS522～ステップS525と同様、以下のステップS526～ステップS529の処理を行う。ステップS526においては、上記2個のうちの他方の位置に移動させると、円 c_i は現在位置よりも挿込試行円 C_n から遠くなるか否かを判定する。すなわち、他方の中心 (x''_i, y''_i) から挿込試行円 C_n の中心までの距離 X'' と、現在位置の円 c_i の中心から挿込試行円 C_n の中心までの距離 X と、を比較し、距離 X'' が距離 X より大きければステップS527に進み(ステップS526のY)、さもないければ直接次に進む(ステップS526のN)。

【0054】

ステップS528においては、円 c_i 、円 c_j 、円 c_k 及び目標円D以外の全ての円に対して、半径 r_i の円 c_i を上記中心 (x''_i, y''_i) に置いた時、重なるか否かを調べ、その重なりをステップS528において判定する。ここで、どの円とも重ならないと判定されればステップS529に進み(ステップS528のN)、ステップS529において上記中心 (x''_i, y''_i) を円 c_i の移動候補位置のひとつに加え、さもないければ直接次に進む(ステップS527のY)。このような処理が、円 c_i 以外の全ての2つの円 c_j 、 c_k に対して行われると、図4に示すこれに続く処理に戻る。

【0055】

このような、第1探索処理を用いることにより、従来、図8で示した方法や経験によりで行っていたワイヤーハーネスの外径の計算が改善されて、より正確に行えるようになる。したがって、ワイヤーハーネスの設計の一助となる。その一方で、第1探索処理を用いると、計算量が膨大になるという問題も生じる。すなわち、上記図5に示した第1探索処理では、円 c_i 、円 c_j 、円 c_k の組に対して、上記のような操作を行うので、その計算時間は $O(n^3)$ となる。上記図4の探索挿入処理では、これをすべての $i=1, 2, \dots, n$ に対して行うので、その計算時間は $O(n^4)$ となる。更に、図2の処理では、これを組み込んで繰り返し処理が行われるので、全体の計算量は、膨大なものになってしまう。これを以下の図6に示す第2探索処理では改善する。

【0056】

図6は、第2探索処理を示すフローチャートである。図7(a)は円の集合の一例を示す図であり、図7(b)及び図7(c)はそれぞれ、図7(a)の円の集合に対する円ボロノイ図及びラゲール円ボロノイ図である。

【0057】

まず、この第2探索処理の基本的な考え方を示す。この第2探索処理においては、公知のボロノイ図の概念を利用して、挿込試行円 c_i の移動候補位置の探索を効率化する。すなわち、上記第1探索処理においては、この円 c_i の移動候補位置を求めるために、すべての円の組 c_j 、 c_k と接する位置を求めたが、ボロノイ図の概念を利用すると、その候補を限定することができる。

【0058】

平面上に互いに重ならない有限個の円が与えられた時、どの円に最も近いかによって平面を分割することができる。この分割図形は円ボロノイ図とよばれ、これは、文献1(A. Okabe, B. Boots, K. Sugihara and S. N. Choi: Spatial Tessellations - Concepts and Applications of Voronoi Diagrams, 2nd Edition. John Wiley and Sons, Chichester, 2000)にも示されている

。

【0059】

例えば、図7(a)に示される円群に対する円ボロノイ図は、図7(b)に示す通りである。図7(b)におけるボロノイ辺とよばれる境界辺 e_j 上の点は、2つの円 c_k 、 c_l から等しい距離にあって、他の円はもっと遠くにあるという性質を持っている。したがって、2つ円 c_k 、 c_l に接し、他の円と重ならない円は、円ボロノイ図の境界辺 e_j 上に中心をもつことになる。よって、円 c_i の移動候補位置は、円ボロノイ図の境界辺 e_j を挟む2つの円 c_k 、 c_l の組だけに対して探せばよい。 n 個の円の円ボロノイ図の境界辺 e_j の数は n に比例する本数だから、検索すべき円 c_k 、 c_l の組は、上記図5の第1探索処理が $O(n^2)$ であるのに対し、ここでは、 $O(n)$ になる。

【0060】

更に、2つの円 c_k 、 c_l と接する円 c_i の移動位置候補に対して、上記図5の第1探索処理では、円 c_i 以外のすべての円 c_j 、 c_k との重なりを検査を行ったが、ここでは、その必要もなくなる。すなわち、円 c_i の移動候補位置が、境界辺 e_j 上にあるか否かを調べれば十分である。なぜなら、境界辺 e_j 上にあれば、他の円と重なることはなく、境界辺 e_j 上になければ他の円と重なることが、円ボロノイ図の性質から導かれるからである。したがって、 $O(n)$ の検査時間を $O(1)$ にすることができる。

【0061】

このような考え方に基づく、第2探索処理の処理手順は以下の図6に示すようになる。図6のステップS521'においては、まず、上記円集合 $S - \{c_i\}$ 、すなわち、円 c_i 以外の全円に対する円ボロノイ図を作る。ここで、この円集合 $S - \{c_i\}$ は n 個の円で構成されるので、境界辺の数も n に比例する。

【0062】

そして、各境界辺 e_j 、($j = 1, 2, \dots, n$)に対して、以下のステップS522'～ステップS525'の処理を行う。

【0063】

ステップS522'においては、境界辺 e_j の両側の円 c_k 、 c_l に接する半径

r_i の円 c'_i を作る。但し、ここでも、円 c_k 又は円 c_l が目標円D以外の円なら外側から接し、目標円Dなら内側から接するものとする。なお、そのような円は、高々、2個、存在する。

【0064】

そして、ステップS523'において上記のように接する半径 r_i の円 c'_i が有り判定され(ステップS523'のY)、更にステップS524'においてその中心が境界辺 e_j 上に有ると判定されれば(ステップS524'のY)、ステップS525'に進んでこの円 c'_i を円 c_i の移動候補位置に加える。さもないければ、直接次に進む(ステップS523'のN、ステップS524'のN)。このような処理が、すべての境界辺 e_j に対して行われると、図4に示すこれに続く処理に戻る。

【0065】

上記説明から明らかなように、ボロノイ図の概念を利用することにより、円 c_i の移動候補位置の探索が非常に簡略化されることがわかる。 n 個の円の円ボロノイ図は、 $O(n \log n)$ の計算時間で作ることができることが、上記文献1に示されている。したがって、上記ステップS521'の処理は、 $O(n \log n)$ 時間で実行できる。一方、 n 個の円の円ボロノイ図の境界辺は n に比例する本数しかないので、上記ステップS522'～ステップS524'の処理は、 $O(n)$ 時間で実行できる。以上より、図6で示した第2探索処理の計算時間は、 $O(n \log n)$ となる。参考までに、上記図5で示した第1探索処理では、 $O(n^3)$ の計算時間を要したので、大きく効率向上していることがわかる。ちなみに、この図6の第2探索処理を、上記図4の探索挿込処理に組み込むと、上記図4の探索挿込処理では、この図6の処理を $O(n)$ 回実行するので、図4の探索挿込処理の計算時間は $O(n^2 \log n)$ となる。

【0066】

なお、上記円ボロノイ図の簡便な計算法は、上記文献1記載のラゲールボロノイ図を作り、次に、文献2(D. S. Kim and K. Sugihara: Voronoi diagram of a circle set from Voronoi diagram of a point set, I.

Topology. Computer Aided Geometric Design, vol. 18 (2001), pp. 541-562.)、及び文献3(D. S. Kim and K. Sugihara: Voronoi diagram of a circle set from Voronoi diagram of a point set, II. Geometry. Computer Aided Geometric Design, vol. 18 (2001), pp. 563-585.) 記載の辺のフリップ操作によって、これを円ボロノイ図に変更する方法である(図7(c)参照)。

【0067】

このように、本実施形態によると、コンピュータを用いて、ワイヤーハーネスを構成する複数の線材を、包含円からはみ出している線材からできるだけ遠くに配置変更し、これによりできたスペースにはみ出している線材を挿し込むという操作を繰り返し計算することにより、複数の線材を囲むワイヤーハーネスの外径が効率的に取得できる。特に、円ボロノイ図の概念を採用することにより、非常に簡便、かつ短時間で、ワイヤーハーネスの外径を取得することができるようになる。

【0068】

なお、上記実施形態では、ワイヤーハーネスの外径を求めるために、半径を出力しているが、これは直径であってもよいことはいうまでもない。また、上記のようにワイヤーハーネスの半径を出力するだけでなく、各線材の配置を示す情報を出力するようにしてもよい。また、 p 及び ϵ の値は、上記実施形態で示した値に限定されず、本発明の主旨の範囲で適宜変更可能である。

【0069】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1記載の発明によれば、コンピュータを用いて、上記目標円定義工程、探索工程、挿込工程及び第1探索制御工程を繰り返し実行することにより、複数の線材の包含円を徐々に小さくしていく。したがって、複数の線材を囲む円の外径を効率的に取得できる。

【0070】

請求項 2 記載の発明によれば、円ボロノイ図を利用することにより、挿込試行円の移動候補位置探索が非常に簡便化される。したがって、複数の線材を囲む円の外径を短時間に取得できる。

【0071】

請求項 3 記載の発明によれば、挿込試行円の挿し込みが不可能である場合には、包含円と現在の目標円との中間的な大きさの目標円を定めたうえで、探索工程に戻す第 2 探索制御工程を更に含んでいるので、複数の線材を囲む円の外径をより効率的に取得できる。

【0072】

請求項 4 記載の発明によれば、入力手段にて複数の線材に関する初期情報を入力し、目標円定義手段、探索手段、挿込手段及び第 1 探索制御手段にて、徐々に複数の線材の包含円を小さくしていき、出力手段にてその包含円の外径を出力する。したがって、複数の線材を囲む円の外径を効率的に取得できる。

【0073】

請求項 5 記載の発明によれば、包含円及び複数の円のそれぞれの位置情報も出力されるので、複数の線材の配置も含めて、それらを囲む円の外径が効率的に取得できる。

【0074】

請求項 6 記載の発明によれば、第 2 探索手段にて円ボロノイ図を利用することにより、挿込試行円の移動候補位置探索が非常に簡便化される。したがって、複数の線材を囲む円の外径を短時間に取得できる。

【0075】

請求項 7 記載の発明によれば、第 2 探索制御手段にて挿込試行円の挿し込みが不可能である場合には、包含円と現在の目標円との中間的な大きさの目標円を定めたうえで、探索手段による探索を再度行わせるようにしているので、複数の線材を囲む円の外径をより効率的に取得できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の算出方法及びその装置を実現するためのハードウェア構成の一例を示

すブロック図である。

【図 2】

本発明の算出方法の一実施形態に係る基本処理手順を示すフローチャートである。

【図 3】

図 3 (a) は初期状態を示し、図 3 (b) は目標円からはみ出した挿込試行円を示し、図 3 (c) は図 3 (b) の挿込試行円を目標円の内部に挿し込んだ様子を示し、そして、図 3 (d) は最終結果を示す図である。

【図 4】

図 2 における探索挿込処理を示すフローチャートである。

【図 5】

第 1 探索処理を示すフローチャートである。

【図 6】

第 2 探索処理を示すフローチャートである。

【図 7】

図 7 (a) は円の集合の一例を示す図であり、図 7 (b) 及び図 7 (c) はそれぞれ、図 7 (a) の円の集合に対する円ボロノイ図及びラゲール円ボロノイ図である。

【図 8】

図 8 (a) は比較的少ない線材で構成されるワイヤーハーネスを示し、図 8 (b) は比較的多い線材で構成されるワイヤーハーネスを示す図である。

【符号の説明】

- 1 入力装置
- 2 入出力インターフェース回路
- 3 CPU
- 4 メモリ
- 5 出力装置
- C 包含円
- D 目標円

c_n 挿込試行円

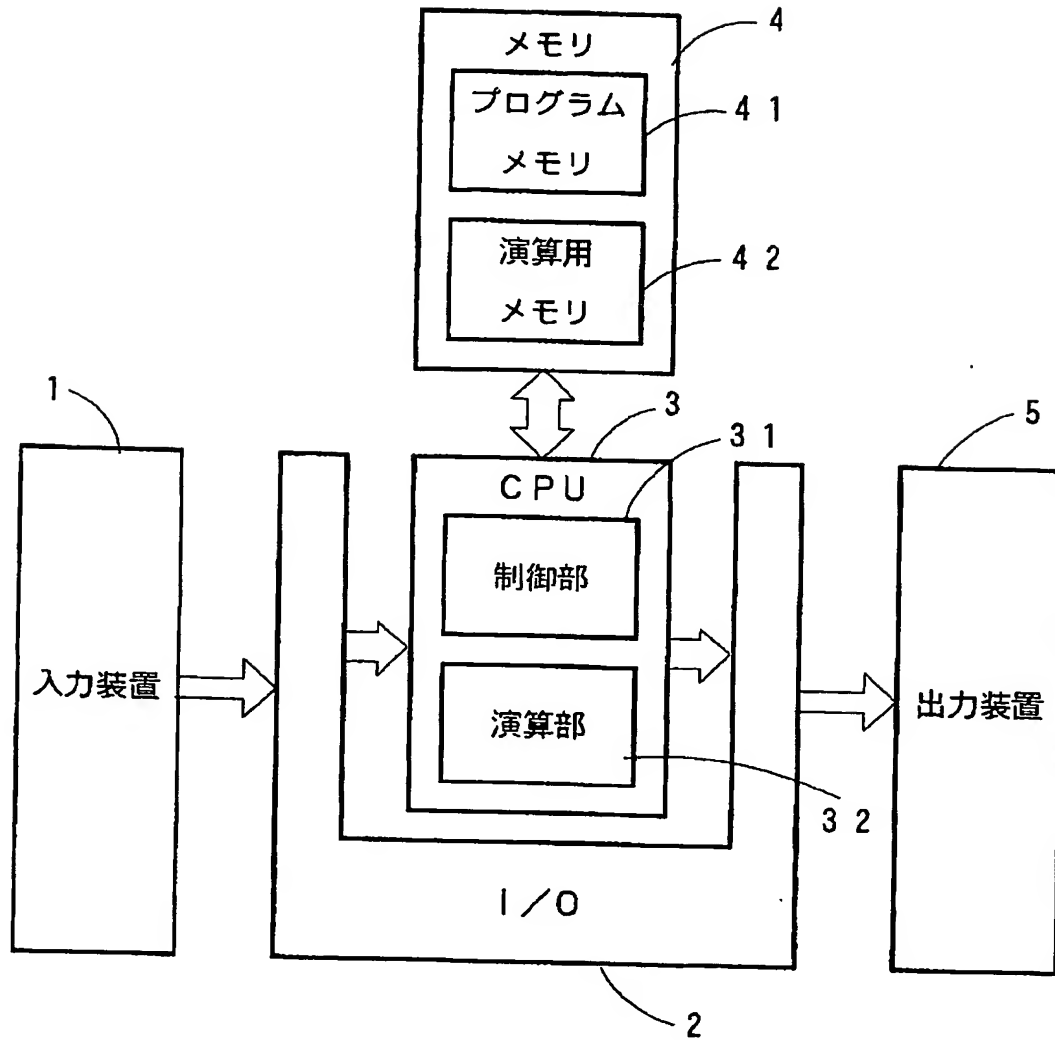
m_n 移動円

e_j 境界辺

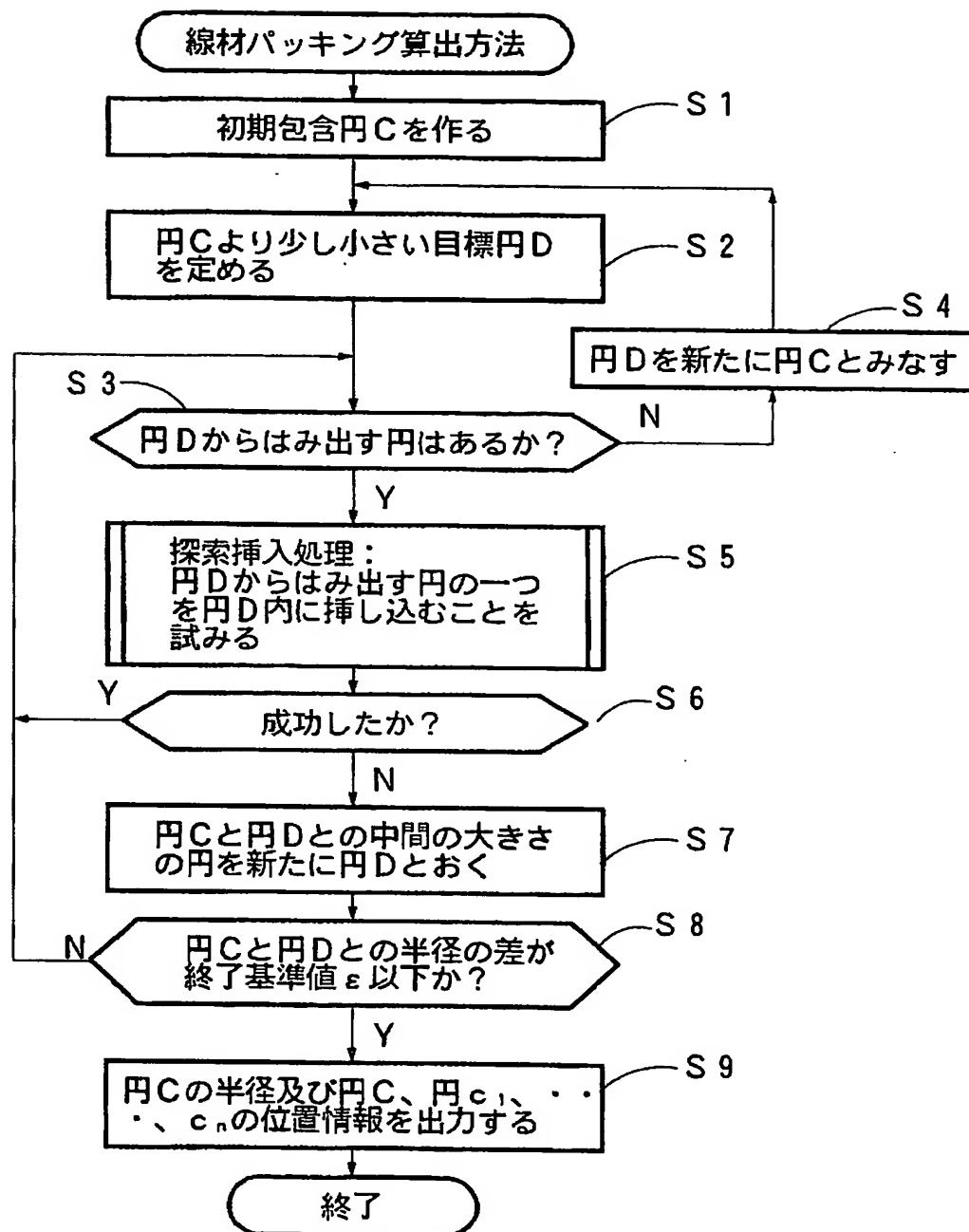
【書類名】

図面

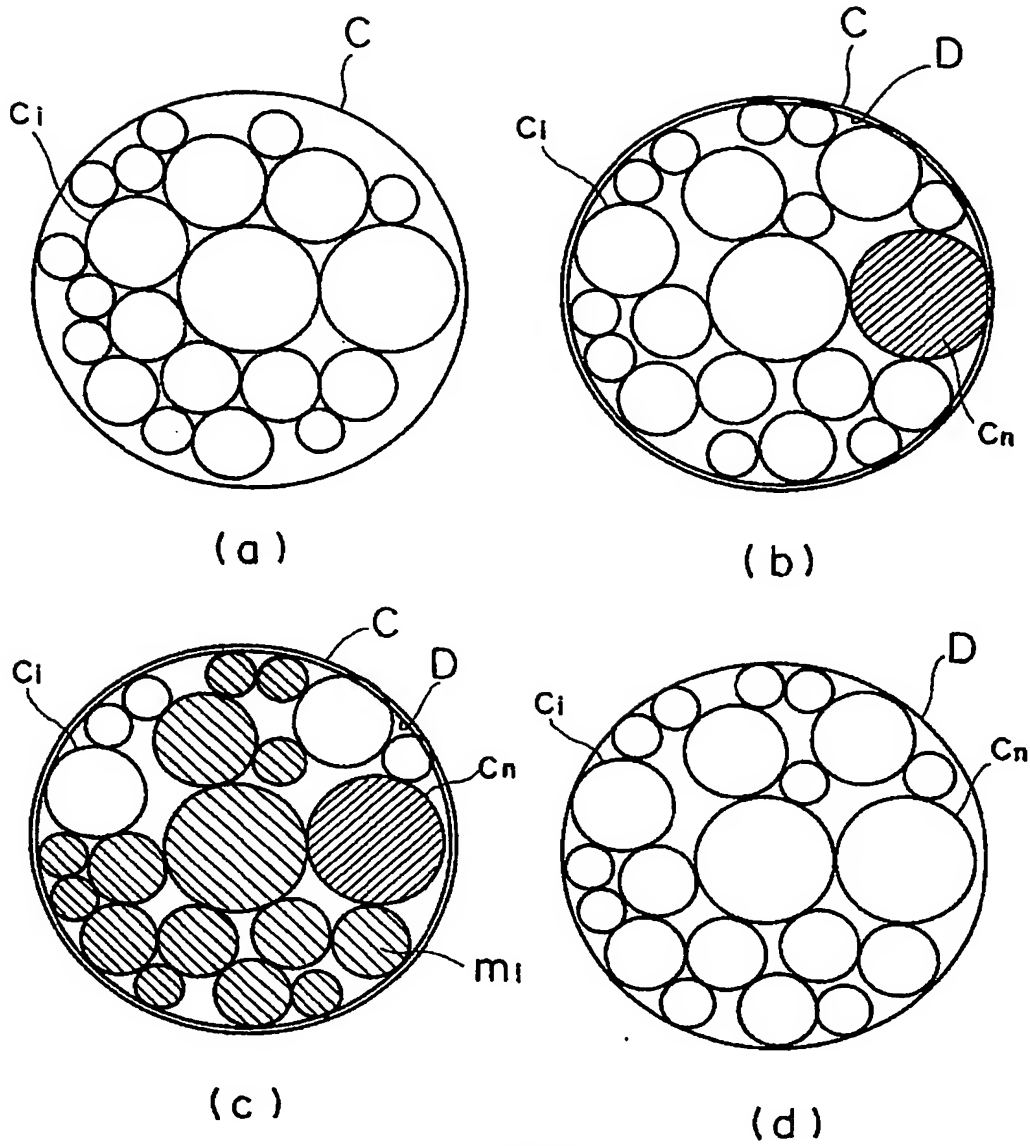
【図 1】



【図 2】

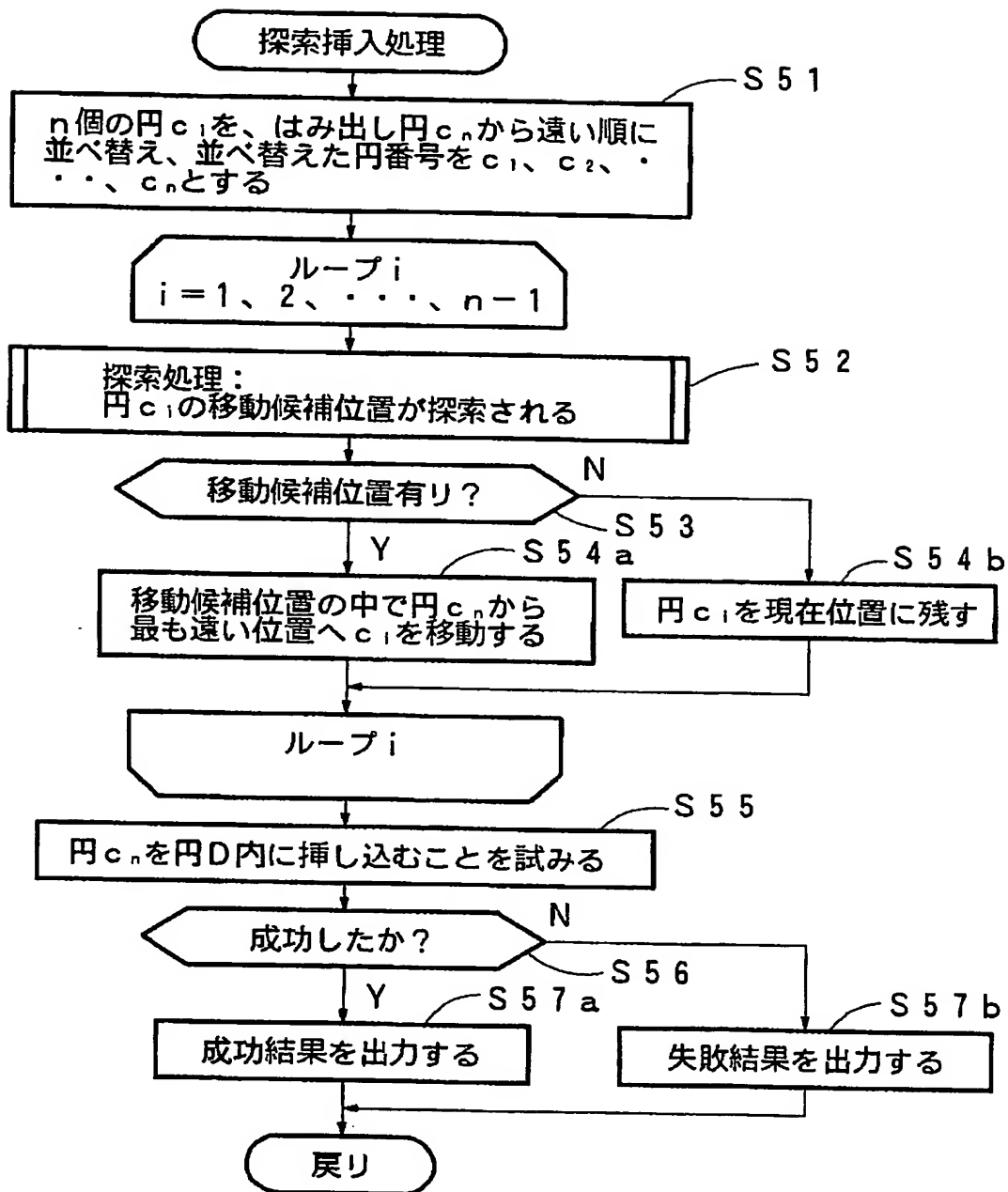


【図 3】

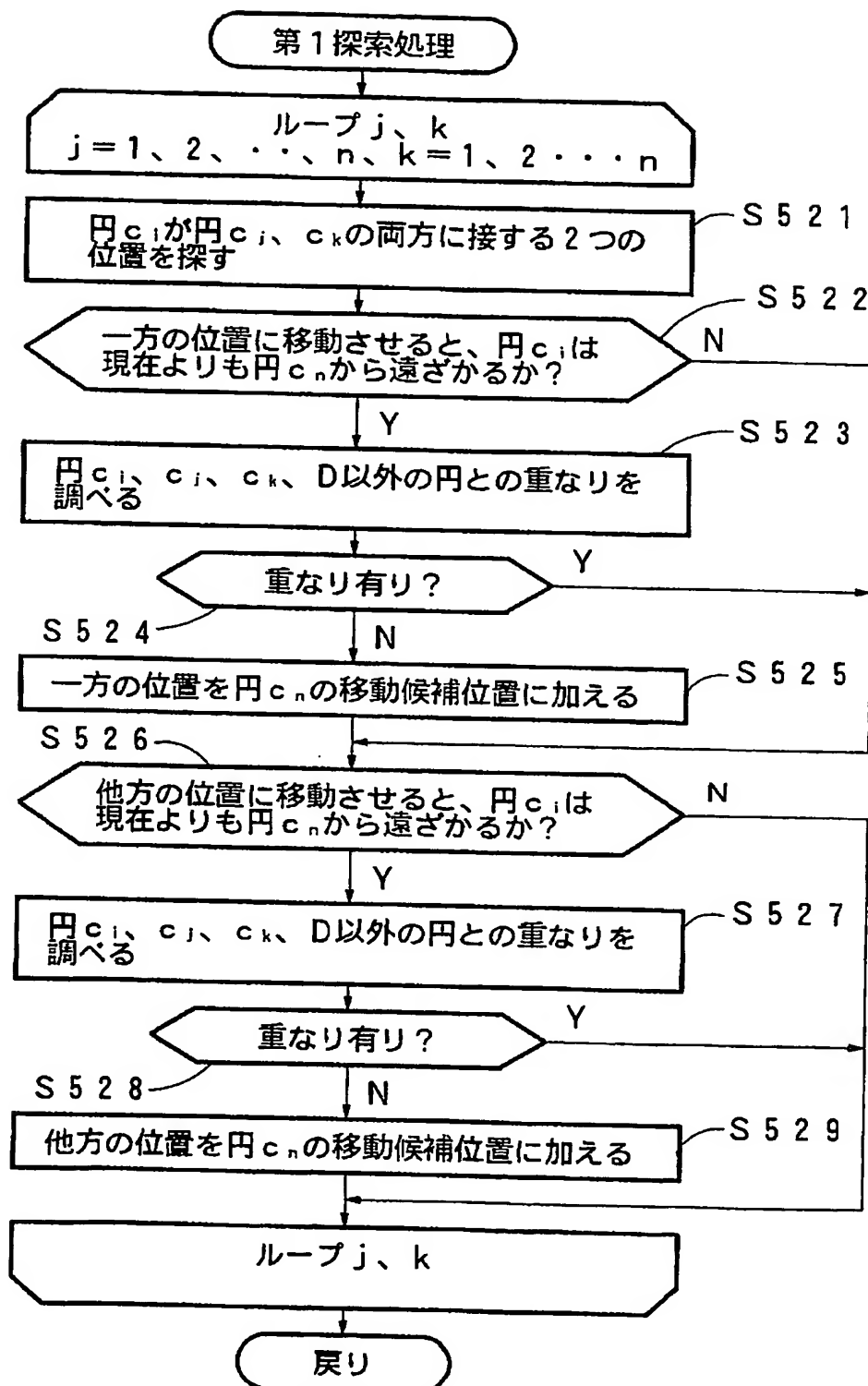


C ... 包含円
D ... 目標円
c_n ... 挿入試行円
m_i ... 移動円

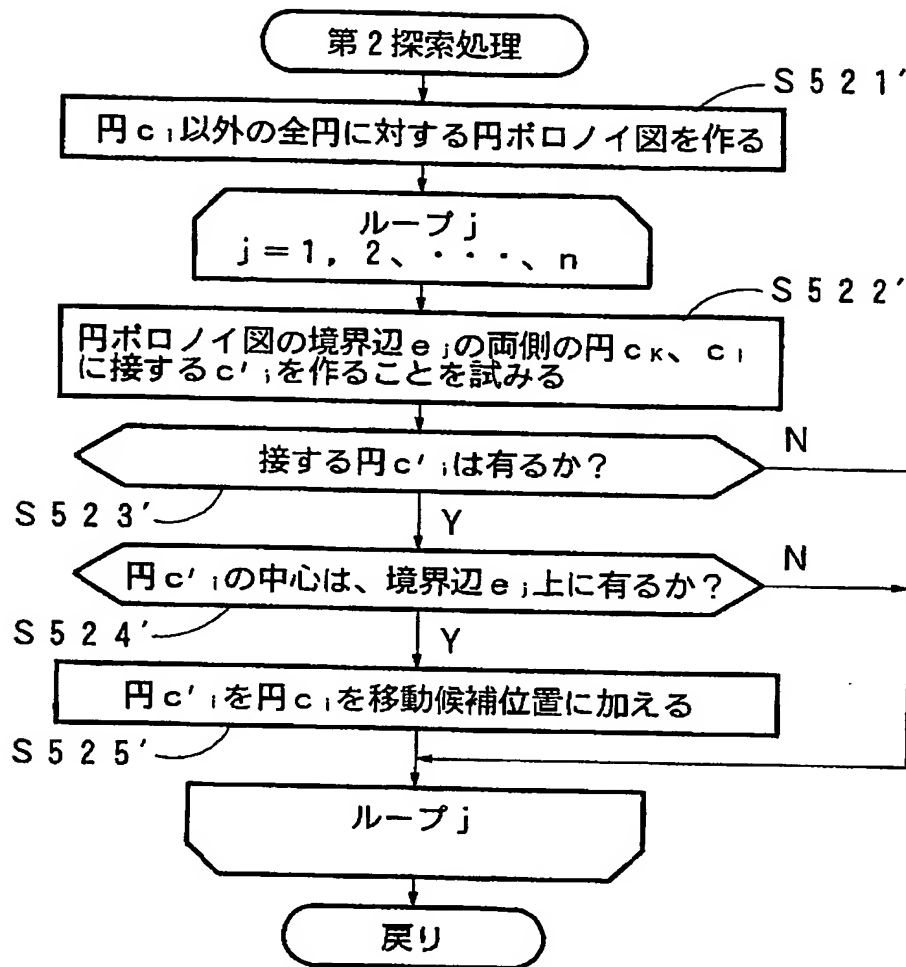
【図 4】



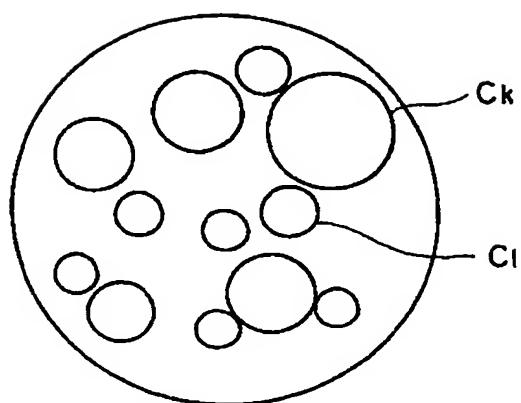
【図 5】



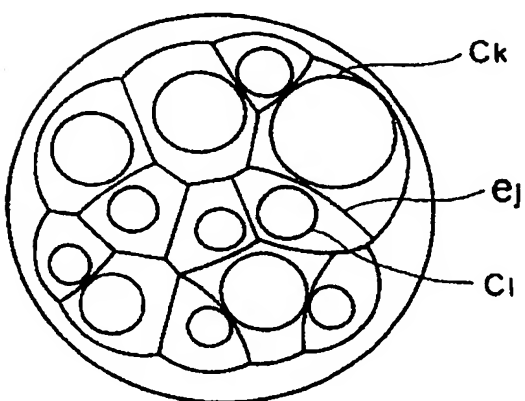
【図 6】



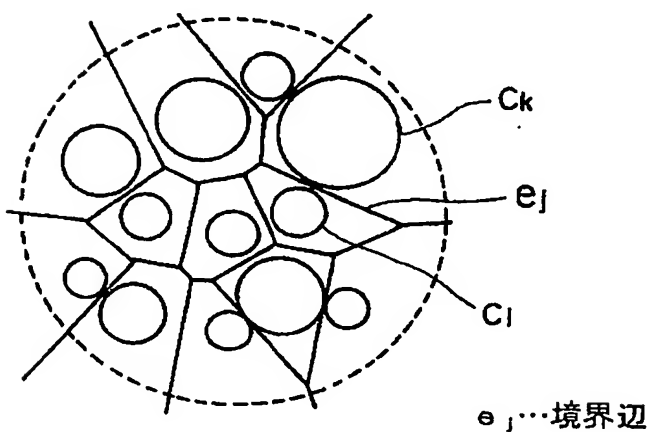
【図 7】



(a)

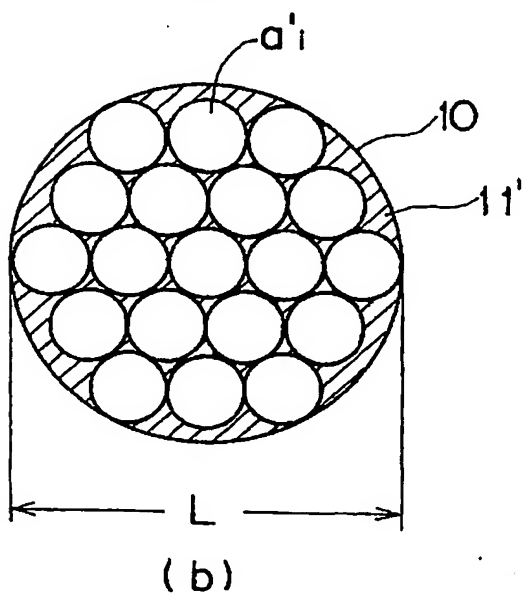
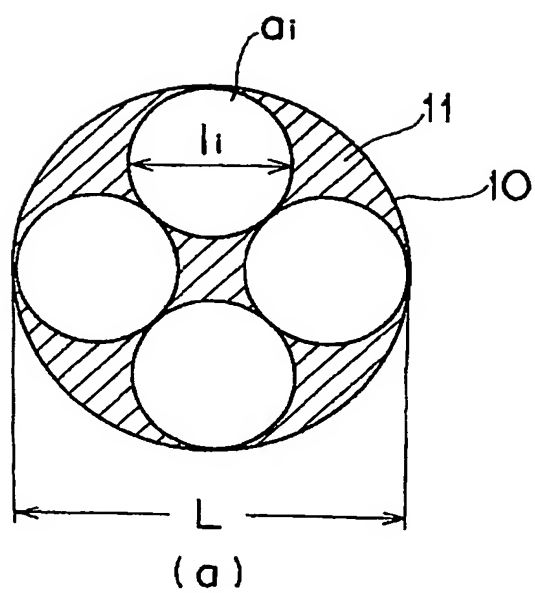


(b)



(c)

【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の線材をできるだけ小さい円形状に束ねてパッキングしてその外径を取得するために有効な算出方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 コンピュータを用いて、ワイヤーハーネスを構成する複数の線材を、包含円からはみ出している線材からできるだけ遠くに配置変更し、これによりできたスペースにはみ出している線材を挿し込むという操作を繰り返し計算することにより、複数の線材を囲むワイヤーハーネスの外径が効率的に取得される。特に、円ボロノイ図の概念を採用することにより、非常に簡便、かつ短時間で、ワイヤーハーネスの外径を取得することができるようになる。

【選択図】 図 2

特願2002-225860

出願人履歴情報

識別番号

[000006895]

1. 変更年月日

1990年 9月 6日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区三田1丁目4番28号

氏 名

矢崎総業株式会社